

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SANG-HYUN LEE, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **hybrid multi-user interference  
cancellation method and device  
using clustering algorithm based on  
dynamic programming**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Korea	10-2002-0083122	24 December 2002
Korea	10-2003-0009752	17 February 2003

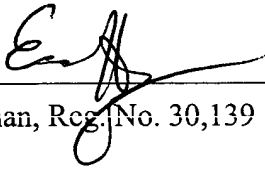
☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 9/17/03

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor  
Los Angeles, California 90025  
Telephone: (310) 207-3800

  
Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

# 대한민국 특허청

## KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0009752  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 02월 17일  
Date of Application FEB 17, 2003

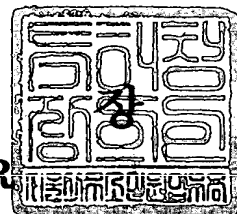
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003      07      22  
          년      월      일

특      허      청

COMMISSIONER





1020030009752

출력 일자: 2003/7/23

**【서지사항】**

<b>【서류명】</b>	특허출원서
<b>【권리구분】</b>	특허
<b>【수신처】</b>	특허청장
<b>【참조번호】</b>	0002
<b>【제출일자】</b>	2003.02.17
<b>【발명의 명칭】</b>	동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치
<b>【발명의 영문명칭】</b>	A Hybrid Multiuser Interference Cancellation Scheme Using the Clustering Algorithm Based on the Dynamic Programming and its Apparatus
<b>【출원인】</b>	
<b>【명칭】</b>	한국전자통신연구원
<b>【출원인코드】</b>	3-1998-007763-8
<b>【대리인】</b>	
<b>【명칭】</b>	유미특허법인
<b>【대리인코드】</b>	9-2001-100003-6
<b>【지정된변리사】</b>	이원일
<b>【포괄위임등록번호】</b>	2001-038431-4
<b>【발명자】</b>	
<b>【성명의 국문표기】</b>	이상현
<b>【성명의 영문표기】</b>	LEE, SANG HYUN
<b>【주민등록번호】</b>	770411-1785417
<b>【우편번호】</b>	604-081
<b>【주소】</b>	부산광역시 사하구 괴정1동 우신아파트 1동 706호
<b>【국적】</b>	KR
<b>【발명자】</b>	
<b>【성명의 국문표기】</b>	정수정
<b>【성명의 영문표기】</b>	JUNG, SOO JUNG
<b>【주민등록번호】</b>	751212-2846928
<b>【우편번호】</b>	664-803
<b>【주소】</b>	경상남도 사천시 사천읍 선인리 301-5번지 전원아파트 1동 1106호
<b>【국적】</b>	KR



1020030009752

출력 일자: 2003/7/23

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】**

장경희

**【성명의 영문표기】**

CHANG, KYUNG HI

**【주민등록번호】**

620620-1067111

**【우편번호】**

302-772

**【주소】**

대전광역시 서구 둔산동 크로바아파트 104동 1409호

**【국적】**

KR

**【우선권주장】**

**【출원국명】**

KR

**【출원종류】**

특허

**【출원번호】**

10-2002-0083122

**【출원일자】**

2002. 12. 24

**【증명서류】**

첨부

**【심사청구】**

청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
유미특허법인 (인)

**【수수료】**

**【기본출원료】**

20 면 29,000 원

**【가산출원료】**

14 면 14,000 원

**【우선권주장료】**

1 건 26,000 원

**【심사청구료】**

15 항 589,000 원

**【합계】**

658,000 원

**【감면사유】**

정부출연연구기관

**【감면후 수수료】**

342,000 원

**【기술이전】**

**【기술양도】**

희망

**【실시권 허여】**

희망

**【기술지도】**

희망

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 우선권증명서류 및 동 번역문[특허청기제출]\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 부호 분할 다중 접속 방식을 이용한 통신 시스템에서 여러 사용자가 사용함에 따라 발생하는 사용자간 간섭을 제거하는 다중 사용자 검파 기법에 관한 것으로서, 그룹 순차형의 혼합형 간섭 제거 기법으로 다중 사용자 검파기를 구성하고, 효과적인 간섭 제거를 위해 최적화 방법을 이용한 그룹 구성 기법을 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 동적 계획법을 이용해 신호 전력의 크기 순서대로 사용자를 정렬하고 그룹을 나누어 각 그룹에 대해 간섭 제거를 수행하게 되므로, 동일 그룹에 속하는 사용자들의 신호 전력 차이가 크게 날 경우에 사용자들 간의 큰 신호 전력 차이로 인해 전체적인 검파 성능의 열화를 방지할 수 있다.

또한, 그룹 구성에 있어서 동적 계획법으로 그룹의 원소를 계산하므로 최적의 그룹 구성을 위해, 그룹 구성을 반복적으로 수행하여 시행 착오 방법으로 최적의 그룹을 찾아내는 방법과는 달리 단 한번의 계산으로 가장 효과적인 그룹 구성 방법을 계산할 수 있어 그룹 구성 장치 및 간섭 제거기의 계산 복잡도를 큰 폭으로 감소시킬 수 있게 된다.

## 【대표도】

도 3

## 【색인어】

혼합형 다중 사용자 간섭 제거, 동적 계획법, 격자(Clustering) 알고리즘

**【명세서】****【발명의 명칭】**

동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치 {A Hybrid Multiuser Interference Cancellation Scheme Using the Clustering Algorithm Based on the Dynamic Programming and its Apparatus}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 일반적인 다단계 혼합형 간섭 제거기의 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 일반적인 다단계 혼합형 간섭 제거기를 구성하는 간섭제거 단위를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라, 그룹 개수가 정해져 있는 경우의 그룹화 기법을 계산하기 위해 구성하는 트렐리스를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따라, 그룹 개수가 정해져 있지 않은 경우의 그룹화 기법을 계산하기 위해 구성하는 트렐리스를 도시한 도면이다.

※도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명※

300 : 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치

301 : 통신로 추정부

302 : 정렬부

303 : 그룹 계산/형성부

304 : 혼합형 간섭 제거부

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <11> 본 발명은 부호 분할 다중 접속(Code Division Multiple Access) 방식을 이용한 통신 시스템에서 여러 사용자가 사용함에 따라 발생하는 사용자간 간섭을 제거하는 다중 사용자 검파 기법에 관한 것으로서, 특히 혼합형 간섭 제거 기법으로 다중 사용자 검파 기를 구성하고, 효과적인 간섭 제거를 위해 최적화 방법을 이용한 그룹 구성 기법으로 간섭 제거를 수행하는 방법과 그 구현 구조에 관한 것이다.
- <12> 대역 확산 기술에 기반을 둔 부호 분할 다중 접속 방식은 IS-95와 IMT-2000과 같은 2세대, 3세대 무선 이동 통신에서 중요한 다중 접속 방식으로 이용되었다.
- <13> 이중 직접 수열 부호 분할 다중 접속 방식(Direct Sequence Code Division Multiple Access)은 다수의 사용자가 시간과 주파수를 공유하므로 서명 수열(Signature Sequence)로 사용자를 구분한다.
- <14> 그러나, 사용자 서명 수열 사이에 완전한 직교성(Orthogonality)이 보장되지 않아 서명 수열 사이의 교차 상관관계가 존재하고, 이것으로 인한 사용자 간 간섭(Multiple access interference, MAI)이 통신 시스템의 전송 용량과 성능에 제한을 가하게 된다.

- <15> 또한, 사용자들의 신호 전력의 차이로 인해 발생하는 근원 문제(Near-far problem)가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용자 사이의 간섭을 제거할 수 있는 다중 사용자 검파(Multiuser Detection) 방법이 제안되었다.
- <16> 다중 사용자 검파 방식에 대한 최적 검파기가 이론적으로 밝혀져 있으나, 이 방법 역시 계산 복잡도가 사용자 수에 대해 지수 함수로 주어지므로 실제적인 구현에는 부적절하다. 따라서, 성능 열화가 존재하더라도 계산 복잡도가 감소된 준 최적 검파기들에 대해 연구가 진행되었다.
- <17> 이러한 준 최적 검파기 중에서 간섭 제거 검파기(Interference Canceller)는 선형 검파기(Linear Detector)와 달리, 교차 상관 행렬(Cross-correlation Matrix)에 대한 역행렬(Inverse Matrix) 계산이 필요하지 않아 선형 검파기보다 구현이 간단하며, 그 구조에 따라 순차적 간섭 제거(Successive interference cancellation, SIC) 기법과 병렬 간섭 제거(Parallel interference cancellation, PIC) 기법으로 구분된다.
- <18> 모든 사용자의 신호 전력을 크기 순으로 정렬하고, 순차적으로 신호를 추정해 다시 생성한 후, 수신 신호로부터 제거하는 순차적 간섭 제거 기법은 좋은 비트 오류 확률(Bit error rate, BER) 성능을 나타내지만, 사용자 수에 비례하여 처리 지연 시간이 증가한다.
- <19> 반면, 병렬 간섭 제거 기법은 초기에 모든 사용자의 신호를 동시에 추정하여 해당 사용자를 제외한 나머지 사용자들의 다시 생성된 신호를 수신 신호로부터 제거하는 검출하는 방식으로, 처리 지연 시간이 짧은 반면 좋은 성능을 얻기 위해 다단계(Multi stage) 구조를 사용해야 하므로, 계산 복잡도가 높아지는 단점이 있다.



<20> 또한, 근원 문제 해결을 위한 전력 제어가 완벽한 경우는 병렬 간섭 제거기가 순차적 간섭 제거기보다 좋은 성능을 보이고, 전력 제어가 완벽하지 못한 경우에는 순차적 간섭 제거기가 병렬 간섭 제거기보다 더 좋은 성능을 나타낸다.

<21> 이러한 간섭 제거와 관련된 기술로는 권리권자가 엘지전자 주식회사인 [특허명칭 : 다중 사용자 간섭 제거 장치 및 방법, 출원번호 : 10-2001-13752]의 특허가 있는데, 이는 다중 사용자의 모든 신호 전력을 내림차순으로 정렬한 후 간섭을 제거함으로써, 계산량은 다소 많으나 좋은 성능의 다중 사용자 간섭 제거 장치 및 그 방법을 제공한다. 그러나, 이러한 간섭 제거 방법 역시 사용자 수에 비례하여 처리 지연 시간이 증가한다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<22> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 수신되는 각 사용자의 신호 전력 크기차가 적도록 적어도 한 개 이상의 그룹을 형성함으로써, 신호 전력 차이로 인한 전체적인 검파 성능 열화를 방지할 수 있는 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

<23> 또한, 본 발명은 이러한 그룹 구성부와 간섭 제거기의 계산 복잡도를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 추가적인 비용 증가(하드웨어, 소프트웨어적인 측면의 비용 증가)를 방지할 수 있는 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법과 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

## 【발명의 구성 및 작용】

- <24> 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법은, 다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법에 있어서, a)외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 단계; b)상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하는 단계; c)상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 단계; 및 d)상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 단계를 포함한다.
- <25> 이때, 상기 c)단계는, 상기 형성된 각 사용자 그룹의 평균 신호 전력을 계산하여 각 가지의 목적 함수를 정의하는 단계; 및 특정 절점에 모인 가지들이 적어도 한 개 이상의 경로에서 부과된 모든 목적 함수의 합을 각 가지마다 계산하는 단계; 상기 계산된 목적 함수의 합이 가장 작은 가지를 최적의 경로로 선택하는 단계; 및 상기 선택된 최적 경로 내의 각 절점에 부여되어 있는 번호를 모아 사용자 그룹을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <26> 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 이용한 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치는, 다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치에 있어서, 외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 통신로 추정부; 상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하

는 정렬부; 상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 그룹 계산/형성부; 및 상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 혼합형 간섭 제거부를 포함한다.

<27> 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법을 포함하는 기록매체에 있어서, a)외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 기능; b)상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하는 기능; c)상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 기능; 및 d)상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 기능을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체를 특징으로 한다.

<28> 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

<29> 먼저, 이산 신호 동기 직접 수열 부호 분할 다중 접속 시스템에서의 역방향 링크를 고려한다. 즉, 동기화된 통신로(channel)에서는 모든 사용자들의 모든 데이터가 동시에 수신되므로 다른 심볼 시간의 신호들은 통계적으로 서로 독립이다. 따라서 한 심볼 시간에 대해서 고려한다.

<30> 데이터 변조 방식은 이진 데이터 시그널링(Binary Phase Shift Keying, BPSK) 방식을 사용한다. 또한, 별도의 채널 추정 기법에 의해 사용자의 신호 전력을 알고 있는 상황이다. K명의 사용자 신호들이 가산적 백색 정규 잡음(Additive White Gaussian Noise, AWGN) 통신로를 통과할 경우, 칩 심볼 단위로 표본화한 수신 신호는 아래의 [수학식 1]과 같다.

$$\begin{aligned} \mathbf{r} &= \mathbf{S}\mathbf{W}\mathbf{d} + \mathbf{n}, \mathbf{r} \in \mathbb{R}^N \\ \mathbf{S} &= (\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2, \dots, \mathbf{s}_K) \in \left\{ \frac{-1}{\sqrt{N}}, \frac{1}{\sqrt{N}} \right\}^{N \times K} \\ \mathbf{s}_k^T \mathbf{s}_k &= 1, \mathbf{s}_i^T \mathbf{s}_j = \rho_{ij} \\ \mathbf{W} &= \text{diag}(w_1, w_2, \dots, w_K) \in \mathbb{R}^{K \times K} \\ \mathbf{d} &= (d_1, d_2, \dots, d_K)^T \in \{-1, 1\}^K \end{aligned}$$

【수학식 1】  $\mathbf{n} \sim N(0, \frac{N_0}{2})$

<32> 여기서, k번째 사용자의 정규화된 서명 수열 벡터를  $\mathbf{s}_k$ , 신호 진폭을  $w_k$ , 데이터 심볼을  $d_k$ 라고 하면, 수신 신호  $\mathbf{r}$ 은 각 열이 사용자의 서명 수열로 이루어진 행렬  $\mathbf{S}$ 와 각 사용자의 신호 진폭을 나타내는 대각 행렬(diagonal matrix)  $\mathbf{W}$ , 데이터 심볼 벡터를 나타내는  $\mathbf{d}$ 의 곱에 잡음 벡터가 더해진 형태이다.  $N$ 과  $K$ 는 각각 처리 이득과 전체 사용자 수이다.

<33> 다른 사용자의 신호를 추정하여 다시 발생시킨 신호 성분을 수신 신호로부터 제거한 후, 해당 사용자의 심볼을 결정하는 다중 사용자 검파 방식을 간섭 제거 기법이라 한다.

다. 이러한 간섭 제거 기법은 간섭 제거의 방법에 따라 순차적 간섭 제거와 병렬 간섭 제거로 구분되며, 두 기법을 혼합한 것이 혼합형 간섭 제거이다.

<34> 본 발명의 실시예에서는 다수의 사용자 신호를 소정 개수의 그룹으로 나누고, 동일 그룹에 속하는 사용자 신호는 병렬 간섭 제거 기법을 이용하여 간섭을 제거한 후, 각 그룹 사이에는 순차적 간섭 제거 기법을 적용하는 간섭 제거 방식을 이용한다.

<35> 이러한 혼합형 간섭 제거 방법은 다수의 간섭 제거 기법의 기본 요소인 간섭 제거 단위(Interference cancellation unit, ICU)로 정의된다.

<36> 도 1은 m번째 단계의 g번째 그룹에 대한 간섭제거 단위(100)를 도시한 도면이다.

<37> 자세히 설명하면,  $x_g$  형태의 변수에서 아래 첨자는 그룹 인수를 나타내고,  $x_{m,g}$  형태의 변수에서 첫 번째 아래 첨자는 단계를 나타내는 인수, 두 번째 아래 첨자는 그룹을 나타내는 인수이다. 입력은 이전 그룹에 속하는 사용자들의 추정 신호가 수신 신호에서 제거된 나머지 신호 성분,  $e_{m,g}(101)$ 이다. 현재 그룹에 속하는 사용자들의 신호 추정은 정합 여파기  $A_g(102)$ 에 의해 이루어진다.

<38> 변환 행렬  $F_g(104)$ 는 그룹에 속하는 사용자들의 병렬 간섭 제거기를 의미한다. 병렬 간섭 제거기에 의해 간섭이 제거된 사용자들의 신호는  $y'_{m,g}(105)$ 로 주어지며, 각 단계에서 그룹 내 사용자들의 신호 판정은 이전 단계의 결과(104)인  $y_{m-1,g}(106)$ 에  $y'_{m,g}$ 을 더한 결과를 연판정(Soft decision, 108)한다.

<39> 다음 그룹에 전달되는 입력  $e_{m,g+1}(110)$ 은 병렬 간섭 제거기(104)에 의해 간섭이 제거된 추정 신호를 다시 발생시키는 신호 재생기(103)를 통과하고 현 그룹의 입력에서 제거(109)한 신호가 된다. 각 그룹의 간섭 제거 단위는 상기와 동일한 계산을 수행한다.

<40> 도 2는 그룹 수가 G인 경우의 간섭제거 단위(202)를 이용한 다단계 혼합형 간섭 제거기(200)의 전체 블록 구성을 도면이다.

<41> 각 그룹에 속하는 사용자의 수가 1인 경우, 다단계 혼합형 간섭 제거 기법은 일반적인 다단의 순차적 간섭 제거 기법과 동일하며, 각 그룹에 속하는 사용자 수가 전체 사용자 수와 같은 경우에는 일반적인 다단의 병렬 간섭 제거 기법과 동일하다.

<42> K명의 사용자를 가정하고 각 그룹의 사용자 수를  $u=K/G$ 로 모두 같게 하면 첫 번째 간섭 제거 단위의 입력 신호  $e_{1,1}$ (201)은 수신 신호  $r$ 과 같고, 이전 단계로부터 전해지는 초기치는  $y_{0,g}=0$ (203)으로 주어진다. 내림차순 행렬 곱을  $\prod_{j=k}^1 \mathbf{x}_j = \mathbf{x}_k \mathbf{x}_{k-1} \dots \mathbf{x}_1$ 로 정의하면, 각 그룹의 입력 신호와 그룹에 속하는 사용자들에 대한 신호 판정치는 아래의 [수학식 2]와 같다.

$$\langle 43 \rangle \quad \mathbf{e}_{1,g} = \prod_{j=k}^1 (\mathbf{I} - \mathbf{A}_j \mathbf{F}_j \mathbf{A}_j^T) \mathbf{r} = \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \mathbf{r}$$

$$\mathbf{y}_{1,g} = \mathbf{y}'_{1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \mathbf{e}_{1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \boldsymbol{\Phi}_{g-1} \mathbf{r}$$

$$\text{【수학식 2】} \quad \mathbf{F}_g = \sum_{l=0}^{L-1} (\mathbf{I} - \mathbf{A}_g^T \mathbf{A}_g)^l$$

<44> 상기와 같은 식을 통해 첫 단계의 혼합형 간섭 제거 기법은 수신 신호에 선형 여파기(Linear Filter)를 나타내는 행렬을 곱해주는 것과 같음을 알 수 있다. 상기의 식을 이용하여 모든 그룹들의 판정 값은 아래의 [수학식 3]과 같다.

$$\langle 45 \rangle \quad \mathbf{y}_1 = [\mathbf{y}_{1,1}^T, \mathbf{y}_{1,2}^T, \dots, \mathbf{y}_{1,G}^T]^T = \mathbf{G}_1^T \mathbf{r}$$

$$\mathbf{G}_1 = [\mathbf{G}_{1,1}, \mathbf{G}_{1,2}, \dots, \mathbf{G}_{1,G}]$$

$$\text{【수학식 3】} \quad \mathbf{G}_{1,g} = [\mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \boldsymbol{\Phi}_{g-1}]^T$$

<46> 첫 단계와 동일한 과정이 상위 단계에서도 반복된다. 상위 단계에서는 첫 단계를 통과한 나머지 신호들이 같은 과정을 반복하므로 각 간섭제거 단위에서의 신호 판정치 (201)는 사용자들의 남아 있는 신호 성분의 추정치이며, 각 간섭제거 단위는 각 성분을 제거한다. 따라서 상위 단계의 신호 판정치는 이전 단계의 판정치와 현재 단계에서 계산된 판정치의 합으로 주어진다. m번째 단계 g번째 그룹의 출력은 아래의 [수학식 4]와 같다.

$$<47> \quad \mathbf{e}_{m,g} = \Phi_{g-1} \Phi_G^{m-1} \mathbf{r}$$

$$\text{【수학식 4】} \quad \mathbf{y}_{m,g} = \mathbf{y}'_{m,g} + \mathbf{y}_{m-1,g} = \mathbf{F}_g \mathbf{A}_g^T \Phi_{g-1} \sum_{i=0}^{m-1} \Phi_G^i \mathbf{r}$$

<48> 아래의 [수학식 5]는 m번째 단계의 모든 그룹에 대한 판정치를 표현한다. 이러한 [수학식 5]의 결과로부터 혼합형 간섭 제거 과정은 사용자들의 서명 수열 정보와 그룹 정보를 이용해 선형 여파기를 구성하고, 수신 신호에 대한 선형 여파를 통해서 각 사용자들의 신호를 결정한다.

$$<49> \quad \mathbf{y}_m = \mathbf{G}_m^T \mathbf{r}$$

$$\mathbf{G}_m = [ \mathbf{G}_{m,1}, \mathbf{G}_{m,2}, \dots, \mathbf{G}_{m,g} ]$$

$$\text{【수학식 5】} \quad \mathbf{G}_{m,g} = \sum_{i=0}^{m-1} ( \Phi_G^T )^i \Phi_{g-1}^T \mathbf{A}_g \mathbf{F}_g^T$$

<50> 본 발명에서 제안하는 간섭 제거 방법을 유도해내기 위한 전력 제어가 완벽하지 않을 때 사용자들의 신호 전력의 차이가 있는 경우, 그 차이의 영향을 고려한다.

<51> 먼저, 혼합형 간섭 제거 기법의 각 그룹 내부의 간섭 제거기인 병렬 간섭 제거기에 서 전력 제어가 완벽하지 않은 경우의 사용자들의 신호 전력 차이가 성능에 미치는 영향

을 고려한다. 그리고 이를 통해서 혼합형 간섭 제거 기법에서 그룹에 속하는 사용자 신호 전력 차이가 성능에 미치는 영향을 고려한다.

<52> 연판정을 위한 병렬 간섭 제거 기법은 수신 신호에 대한 선형 여파 과정과 같은 형태로 표현할 수 있다. 병렬 간섭 제거 기법의 검파기 출력은 아래의 [수학식 6]과 같다.

<53> **【수학식 6】** 
$$\mathbf{y} = \mathbf{G}^T \mathbf{r} = \left( \sum_{i=1}^2 (\mathbf{I} - \mathbf{S}^T \mathbf{S})^{-1} \mathbf{S}^T \right) \mathbf{r}$$

<54> k 번째 사용자의 출력  $y_k$ 에 대해 [수학식 7]과 같이 다시 쓸 수 있다. 첫 번째 항은 k번째 사용자의 신호를 나타내고, 두 번째 항은 간섭제거 후 남아있는 다른 사용자들의 간섭 성분, 나머지 항은 선형 여파된 잡음을 나타낸다. k번째 사용자의 신호 대 간섭과 잡음 비는 [수학식 8]과 같다.

<55> **【수학식 7】** 
$$\begin{aligned} y_k &= \left( \mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \left( w_k d_k \mathbf{s}_k + \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \mathbf{s}_j + \mathbf{n} \right) \\ &= w_k d_k \left( 1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) + \left( \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \rho_{kj} - \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \left( \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{ij} \right) \right) + \left( \mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \mathbf{n} \end{aligned}$$

<56> **【수학식 8】** 
$$SINR_k = \frac{E \left[ \left( w_k d_k \left( 1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) \right)^2 \right]}{E \left[ \left( \left( \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \rho_{kj} - \sum_{j=0, j \neq k}^K w_j d_j \left( \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{ij} \right) \right) + \left( \mathbf{s}_k^T - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki} \mathbf{s}_i^T \right) \mathbf{n} \right)^2 \right]}$$

<57> BPSK변조를 가정하면 [수학식 8]의 분자는 [수학식 9]와 같이 계산된다.

<58> **【수학식 9】** 
$$E \left[ \left( w_k d_k \left( 1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right) \right)^2 \right] = w_k^2 \left( 1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right)^2$$



<59> 다른 사용자들의 남아 있는 간섭과 잡음 전력을 나타내는 분모는 신호와 잡음이 서로 독립이고 사용자 신호도 서로 독립이므로 [수학식 10]으로 주어진다.

<60> **【수학식 10】** 
$$\sum_{i=0, i \neq k}^K w_i^2 \left( \rho_{ki} - \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{kj} \rho_{ij} \right)^2 + \sigma^2 \left( 1 - 2 \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 + \sum_{i=0, i \neq k}^K \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij} \right)$$

<61> [수학식 9]와 [수학식 10]으로 [수학식 8]을 다시 쓰면 [수학식 11]과 같다.

<62> 
$$SINR_k = \frac{\left( 1 - \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 \right)^2}{\sum_{i=0, i \neq k}^K \frac{w_i^2}{w_k^2} \alpha_i^2 + \frac{\sigma^2}{w_k^2} \gamma}$$

**【수학식 11】** 
$$\alpha_i = \rho_{ki} - \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{kj} \rho_{ij}$$

$$\gamma = 1 - 2 \sum_{i=0, i \neq k}^K \rho_{ki}^2 + \sum_{i=0, i \neq k}^K \sum_{j=0, j \neq k}^K \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij}$$

<63> 평균 신호 전력과 사용자들 신호 전력 차이를 표현하기 위해 평균 신호 진폭  $\overline{w}$ 와 사용자 신호 진폭  $w_k$ 를 다음과 같이 정의한다.

<64> **【수학식 12】**  $w_k = \overline{w} + \delta_k, w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_K$

<65> 서명 수열 사이의 교차 상관은 신호 대 간섭과 잡음비에 영향을 미치지 않도록 잘 선택되었다고 가정한다. 신호 대 간섭과 잡음비의 분모에 나타나는 k번째 사용자와 다른 사용자들의 전력비의 합은 아래의 [수학식 13]과 같다.

<66> **【수학식 13】** 
$$\sum_{i=0, i \neq k}^K \left( \frac{w_i}{w_k} \right)^2 = \frac{1}{w_k^2} \left\{ (K-1) \overline{w} + \sum_{i=0, i \neq k}^K \delta_i^2 - 2 \overline{w} \delta_k \right\}$$

<67> [수학식 11]의 신호 대 간섭과 잡음비는 평균 신호와의 차이 제곱에 반비례하고, 따라서 병렬 간섭 제거 기법의 경우 사용자들 신호 진폭이 평균 신호 진폭에 대해 차이

가 클수록 신호 대 간섭과 잡음비가 낮게 된다. 그러므로 전력 제어가 완벽할 경우 병렬 간섭 제거 기법의 성능이 좋다.

<68> 각 그룹에 속하는 사용자 수를  $u$ 로 하는 혼합형 간섭 제거 기법의  $g$ 번째 그룹에 속하는 사용자 신호 크기의 차이가 신호 대 간섭과 잡음비를 고려한다. 전체 사용자 신호의 크기가 내림차순으로 정렬되어 있고 사용자를  $G$ 개의 그룹으로 나눈다고 하면  $g$ 번째 그룹 사용자는 아래의 [수학식 14]와 같다.

<69> **【수학식 14】**  $u = \frac{K}{G}$  ,  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_K$  ,  $u(g-1) + 1 \leq k \leq ug$

<70>  $g$ 번째 그룹의 간섭 제거 단위는 선형 여파기로 표현되므로,  $g$ 번째 그룹의 선형 여파기 출력값은 병렬 간섭 제거 방식과 비슷한 방법으로서 아래의 [수학식 15]로 주어진다.

<71> **【수학식 15】**  $y_g = G_g^T e_g = \left( \sum_{i=1}^g (I - A_g^T A_g)^{i-1} A_g^T \right) e_g$

<72> 병렬 간섭 제거기와의 차이점은, 수신 신호  $r$ 대신 남아 있는 나머지 수신 신호  $e_g$ 가 입력으로 주어지고, 전체 서명 수열 행렬  $S$ 대신 그룹에 속하는 사용자의 서명 수열 행렬  $A_g$ 로 주어진다는 것이다. 따라서, 병렬 간섭 제거기와 동일하게  $g$ 그룹에 속하는  $k$ 번째 사용자에게 대한 판정치를 결정할 수 있고, [수학식 11]과 같은 형태로 신호 대 간섭비를 계산하면 아래의 [수학식 16]과 같다.

&lt;73&gt;

$$SINR_k = \frac{\left(1 - \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \rho_{ki}^2\right)^2}{\sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \frac{w_i^2}{w_k^2} \tilde{\alpha}_i^2 + \sum_{i=ug+1}^K \frac{w_i^2}{w_k^2} \tilde{\alpha}_i^2 + \frac{\sigma^2}{w_k^2} \tilde{\gamma}}$$

$$\tilde{\alpha}_i = \rho_{ki} - \sum_{j=u(g-1)+1, j \neq k}^{ug} \rho_{kj} \rho_{ij}$$

$$\tilde{\gamma} = 1 - 2 \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \rho_{ki}^2 + \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \sum_{j=u(g-1)+1, j \neq k}^{ug} \rho_{ki} \rho_{kj} \rho_{ij}$$

【수학식 16】

<74> 수학식 16으로부터 병렬 간섭 제거 기법의 신호 대 간섭과 잡음비를 나타내는 [수학식 11]의 형태와 같으나, 간섭 신호 전력에 g그룹에 속하는 다른 사용자와 g그룹 다음의 그룹에 속하는 사용자의 성분이 존재하는 점이 다르다.

<75> g그룹에 속하는 사용자 신호 전력 차이에 의한 영향을 고려하므로 혼합형 간섭 제거 기법은 병렬 간섭 제거 기법과 동일하게 같은 그룹에 속하는 사용자들의 전력비에 반비례한다.

<76> g그룹 사용자 신호 크기를 진폭 평균과의 차이로 정의하면, 같은 그룹에 속하는 사용자들의 전력비는 [수학식 17]과 같다.

$$\left(\frac{w_i}{w_k}\right)^2 = \frac{1}{w_k^2} \left\{ (u-1) \overline{w_g} + \sum_{i=u(g-1)+1, i \neq k}^{ug} \delta_{gi}^2 - 2 \overline{w_g} \delta_{gi} \right\}$$

【수학식 17】

<78> [수학식 17]은 동일 그룹에 속하는 사용자들의 신호 전력 차이가 클수록 신호 대 간섭과 잡음비가 줄어드는 것을 보여준다. 같은 방법으로 다른 그룹에 대해서도 각 그룹 평균 전력 크기와 평균 전력의 차이를 이용해 표현할 수 있다.

<79> 수학식 17은 각 그룹 신호들의 합으로 표현되고, 이 때 각 그룹의 신호는 각 그룹의 신호들의 평균과 그 차이로 나타낼 수 있으므로, 각 그룹 신호들의 평균과의 차이가 크면 신호 대 간섭비가 감소하는 것을 알 수 있다.

- <80> 따라서, 혼합형 간섭 제거 기법의 경우, 각 그룹에 속하는 사용자들의 신호 크기 차이가 적어지도록 그룹을 구성해야 한다.
- <81> 즉, 상기의 고려를 통해 동일 그룹에 속해 있는 사용자들의 신호 크기의 차이가 작을수록 혼합형 간섭 제거 기법의 성능이 좋음을 알 수 있다.
- <82> 혼합형 간섭 제거 기법은 사용자의 신호 크기를 고려하지 않고 그룹마다 동일한 사용자 수를 가지도록 그룹을 만들어 간섭을 제거하는데, 전력 제어가 완벽하지 않으면 사용자들의 신호 크기가 동일하지 않게 되어 각 그룹에 속하는 사용자들의 신호 크기가 차이가 큰 경우 전체적으로 성능이 열화된다.
- <83> 따라서, 전력 제어가 완벽하지 않으면 사용자들의 신호 크기를 고려하여 그룹을 형성한 후, 간섭 제거를 하면 성능을 개선할 수 있다.
- <84> 본 발명에서 제안하는 간섭 제거기의 구조는 이러한 그룹 분할을 포함하는 구조를 가지는데, 이러한 간섭 제거기의 표시예가 첨부된 도 3이다.
- <85> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치의 구성을 도시한 도면으로서, 그룹화 모듈은 각 그룹의 원소를 계산하여 간섭 제거기에 전달한다.
- <86> 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치(300)는 통신로 추정부(301), 정렬부(302), 그룹 계산/형성부(303) 및 혼합형 간섭 제거부(304)를 포함한다.
- <87> 자세히 설명하면, 먼저 통신로 추정부(301)는 외부로부터 수신되는 다수의 수신 신호로부터 각각의 사용자 신호를 구별한 후, 구별된 사용자 신호의 전력을 각각

계산한다. 이때, 통신로 추정부(301)는 구별된 각 사용자 신호를 표시하기 위해 전력이 큰 사용자 신호부터 1, 2, 3...N의 순서로 부여한다.

<88> 정렬부(302)는 계산된 각각의 사용자 신호 전력을 크기 순서대로 하여 내림차순 정렬한다. 즉, 전력이 큰 신호부터 1, 2, 3...N의 순서로 정렬한다.

<89> 그룹 계산/형성부(303)는 내림차순으로 정렬된 사용자 전력에 따른 각 번호들을 이용하여 동적 계획법 기반의 K-평균 그룹화 기법을 통해 적어도 한 개 이상의 그룹을 형성한다. 형성시, 시스템 성능 저하 방지를 위해 동일 그룹에 속하는 각 사용자 신호의 전력 크기차가 최소화되도록 한다.

<90> 동적 계획법이란, 최소 비용의 길 찾기 최적화 문제의 해결 방법으로, 한정된 자원이 있고 이 자원을 정해진 수의 사람에게 최소의 비용으로 분배하는 문제에 널리 이용된다. 가장 대표적인 응용으로 길쌈부호(convolutional codes)의 비터비 복호 방법이 있다. 동적 계획법은 트렐리스에 정의된 경로와 그 경로를 연결하는 절점을 통과하면서 가장 비용이 적게 소요되는 경로를 찾아가는 방법을 말하며, 각 절점에서는 해당 절점에서 만나는 가지 중에서 가장 비용이 적게 소요되는 경로를 선택해 나가서 최종적으로 가장 비용이 적게 소요되는 경로를 찾게 된다.

<91> 즉, 이러한 동적 계획법(dynamic programming)을 통해서 최적 경로가 구해지고 최적 경로 안에 포함된 상태들에 켜여진 번호를 통해서 그룹을 구성하게 되는데, 예를 들어 1,4,7,10,12의 결과를 얻었으면, 5개의 그룹이 구성된 것을 나타내고, 결과의 번호들은 해당 그룹의 마지막 사용자를 나타내게 된다.

- <92> 따라서, 1조는 신호 전력이 가장 큰 사용자 한 명, 2조는 신호 전력의 크기가 2, 3, 4번째인 사용자 3명, 3조는 5, 6, 7 번째인 사용자 3명, 4조는 8, 9, 10번째인 사용자 3명, 5조는 11,12 번째인 사용자 2명인 그룹을 각각 구성한다.
- <93> 혼합형 간섭 제거부(304)는 형성된 동일 그룹 내의 사용자 신호는 병렬 간섭을 이용하여 간섭 제거를 수행하며, 각 그룹 사이에는 순차적 간섭 제거를 이용하여 여러 사용자간의 간섭을 제거한다.
- <94> 그러면, 이러한 구조를 이루는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치의 주요 동작 과정 중, 그룹 계산/형성부(303)의 동작 과정에 대해 첨부된 도면을 통해 자세히 설명하면 다음과 같다.
- <95> 먼저, K-평균 그룹화 기법은 각 그룹에 속하는 원소들(신호 전력 크기)이 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 그룹을 만드는 최적화 기법으로서, 이에 대한 표시예가 첨부된 도 4이다.
- <96> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 동적 계획법 기반의 그룹화 기법을 설명하기 위한 도면이다.
- <97> 먼저, 목적 함수를 제곱 오류 합(Sum of squared errors)으로 계산한 후, n개의 표본,  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 으로 이루어진 집합 S가 K개 부분 집합  $s_1, s_2, \dots, s_K$ 로 분할되었을 때  $n_i$ 를 부분 집합  $s_i$ 의 표본들의 개수,  $m_i$ 를  $s_i$ 에 속하는 표본들의 평균값이라고 하면 이는 아래의 [수학식 18]과 같다.

<98> 
$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{x \in s_i} x$$
  
 【수학식 18】

- <99> 제곱 오류 합은 [수학식 19]로 주어진다.

&lt;100&gt;

【수학식 19】 
$$J_e = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in s_i} \|x - m_i\|^2$$

&lt;101&gt;

주어진 부분 집합  $s_i$ 에 대하여 평균값  $m_i$ 는 [수학식 19]를 최소화하는 의미에서  $s_i$ 의 대표값 또는 중심값이라고 할 수 있다.

&lt;102&gt;

따라서, 목적 함수는  $n$ 개의 표본들이 중심값으로부터의 유클리드 거리의 합으로 계산한다. 목적 함수는 그룹의 분할 방법에 따라 달라지게 되는데, 최적의 분할을 얻기 위해서는 이 값을 최소화해야 한다.

&lt;103&gt;

그리고,  $n$ 개 표본을 가지는 전체 집합을  $K$ 개의 부분 집합으로 분할하는데 있어 최적의 결과를 얻기 위해서는 분할 가능한 모든 경우를 고려해야 한다. 그 경우의 수는  $K^n$ 이므로 분할되는 모든 경우의 수를 고려해야 한다.

&lt;104&gt;

그런데, 본 그룹 분할은 순서가 있는 그룹 분할에 해당하므로 동적 계획법을 이용하면 모든 경우를 다 고려하지 않고 최적 그룹 분할을 얻을 수 있다. 동적 계획법을 사용하기 위해 초기에 트렐리스(trellis)를 구성해야 한다. 트렐리스를 구성하는 방법은 그룹의 개수가 정해진 경우와 그룹의 개수가 정해지지 않은 경우로 구분된다. 이러한 트렐리스 구성 방법에 대한 표시예가 첨부된 도 5와 도 6이다.

&lt;105&gt;

도 5는 그룹의 개수가 정해진 경우의 트렐리스 구성을 설명하기 위한 도면으로서, 도시되어 있듯이 트렐리스는 절점(node, 501)과 가지(branch, 502)로 이루어진다.

&lt;106&gt;

이러한 경우의 트렐리스 구성은 먼저 통신로 추정부(301) 및 정렬부(302)를 통해 수신 신호의 전력 크기에 따른 사용자 번호를 내림차순으로 정렬한다.

&lt;107&gt;

정렬된 사용자 번호로 이루어진 절점은 2차원으로 주어지며 각 열은 각 그룹을 나타내고, 각 열의 행 방향 원소들은 해당 열의 그룹이 원소로 가지는 마지막 사용자의 번

호를 나타낸다. 각 행의 개수는 해당 그룹의 마지막 원소로 가질 수 있는 모든 방법을 나타낸다.

<108> 따라서, 각 행의 개수를  $m$ 으로 제한하게 되면 한 그룹에 할당할 수 있는 최대 사용자 수를 지정할 수 있게 된다. 그러므로 각 절점에 부여된 숫자는 현재의 그룹까지 할당된 모든 사용자의 수와 같다.

<109> 예를 들면 첫 번째 열에서 첫 번째 행은 첫 번째 그룹의 원소가 1개임을 나타낸다. 모든 그룹은 원소를 하나 이상 포함해야 하므로 두 번째 열의 절점에 부여된 숫자는 2부터 시작된다. 또한 한 그룹에 속한 사용자는 다음 그룹에는 속할 수 없으므로 가지가 다음 열로 연결될 때는 항상 바로 옆 또는 아래로 연결된다. 마지막  $K-1$ 번째 그룹 결정 이후에는 모든 가지가 하나의 절점으로 수렴해야 한다.

<110> 즉, 남은 모든 사용자를 마지막 그룹에 할당하여 할당하지 않은 원소가 없도록 한다. 주어진 트렐리스에 대해서 동적 계획법을 수행한다. 트렐리스에서 각 가지를 따라 좌측에서 우측으로 이동할 때 출발한 절점과 도착된 절점에 부여된 번호로부터 그룹을 구성한다. 즉, 출발한 절점에 부여된 번호에 1을 더한 번호를 갖는 사용자부터 도착된 절점에 부여된 번호를 갖는 사용자를 한 그룹으로 지정하고, 그 그룹의 평균 전력을 계산하여 가지에 대한 목적 함수로 정의한다. 각 절점에서는 해당 절점에서 모인 가지들이 트렐리스를 따라온 경로에서 부과된 모든 목적 함수의 합을 계산하여 경로에 대한 목적 함수로 정의한다. 특정 절점에서 여러 개의 가지가 모였을 때 각 가지에 연관된 가장 경로로 목적 함수가 적은 것을 선택하고 나머지 가지는 버린다. 이와 같은 과정을 같은 열에 있는 모든 절점에서 반복 수행한다. 이 과정까지 수행한 후의 각 열의 절점들에는, 해당 절점까지 도달했을 때 각 그룹에 대한 [수학식 19]의 계산 결과의 합이 가장 적도록



하는 그룹 할당 방법이 연관되게 된다. 이 과정을 각 열에 대해 K번 반복하면 최종 K번째 열의 각 절점마다 K개의 그룹이 할당되는 방법이 정해진다. 최종 K번째 그룹(503)에서 가장 최소의 목적 함수를 선택하여 최적 경로를 찾아내고, 최적 경로가 거쳐 온 절점들에 부여된 번호를 구한다. 이 번호들은 각 그룹의 마지막 원소의 번호를 나타내므로, 직전 그룹의 마지막 원소의 번호 직후의 번호부터 해당 그룹의 마지막 원소의 번호를 가지는 원소들을 모아서 해당 그룹의 원소로 한다. 최적 경로는 K개의 값을 가지므로 이 방법을 반복하면 K개의 그룹을 결정할 수 있고, 각 사용자를 이와 같은 그룹을 나누어서 그룹화를 종료한다.

<111> 다음으로, 그룹의 개수가 정해지지 않은 경우에 대해서도 그룹의 개수를 정하면서 그룹의 원소를 할당할 수 있다. 이 기법을 사용하기 위해 도 6과 같은 트렐리스를 정의한다.

<112> 도 5와는 달리 각 절점(601)은 행 방향으로 같은 번호를 부여받는다. 이는 각 그룹 중에서 원소가 없는 그룹을 허용함을 의미한다. 최종적으로 그룹 할당을 마쳤을 때 원소가 0개인 그룹을 제외하면 최종적으로 할당된 그룹을 얻을 수 있다.

<113> 이후, 혼합형 간섭 제거부(304)는 상기와 같은 방법을 통해 형성된 적어도 한 개 이상의 그룹에 대해 혼합형 간섭 제거를 수행함으로써, 전체적인 검파 성능 열화를 방지한다.

<114> 도면과 발명의 상세한 설명은 단지 본 발명의 예시적인 것으로서, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할

것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

**【발명의 효과】**

<115>       이상에서 살펴 본 바와 같이, 본 발명에서는 동적 계획법을 바탕으로 한 그룹화 기법을 이용하여 혼합형 간섭 제거기의 기본 간섭제거 단위에서 처리해야 할 사용자의 그룹을 나누어 각 기본 간섭 제거 단위의 처리 성능을 개선할 수 있다.

<116>       또한, 전력 제어가 완벽하지 않은 경우, 동일 그룹에 속하는 사용자들 사이의 큰 신호 크기 차이에 의해 성능이 떨어질 수 있으므로, 혼합형 간섭 제거 기법을 사용하기 전에 그룹화 처리가 추가되나 동적 계획법을 위한 목적 함수가 계산이 간단한 편이므로 추가적인 하드웨어 비용은 거의 없다. 따라서, 그룹화 기법은 소프트웨어적으로도 용이하게 구현할 수 있는 효과가 있다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법에 있어서,

- a) 외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 단계;
- b)상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하는 단계;
- c) 상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 단계; 및
- d)상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 단계를 포함하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

## 【청구항 2】

제1 항에 있어서,

상기 c)단계는,

상기 정렬된 사용자 번호가 각각 부여된 절점 및 가지로 이루어진 트렐리스(trellis)를 구성하는 단계; 및

상기 구성된 트렐리스의 가지를 따라 출발하는 절점에서부터 도착한 절점까지의 사용자 번호가 적어도 한 개 이상 포함되어 있는 사용자 그룹을 적어도 한 개 이상 형성하는 단계

를 포함하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

【청구항 3】

제2 항에 있어서,

상기 사용자 그룹 형성 단계는,

상기 출발하는 절점에 부여된 사용자 번호에 1을 더한 사용자 번호에서부터 상기 도착한 절점에 부여된 사용자 번호까지 한 그룹으로 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

【청구항 4】

제3 항에 있어서,

상기 c)단계는,

상기 형성된 각 사용자 그룹의 평균 신호 전력을 계산하여 각 가지의 목적 함수를 정의하는 단계; 및

특정 절점에 모인 가지들이 적어도 한 개 이상의 경로에서 부과된 모든 목적 함수의 합을 각 가지마다 계산하는 단계;

상기 계산된 목적 함수의 합이 가장 작은 가지를 최적의 경로로 선택하는 단계; 및

상기 선택된 최적 경로 내의 각 절점에 부여되어 있는 번호를 모아 사용자 그룹을 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

## 【청구항 5】

제4 항에 있어서,

상기 정의되는 목적 함수는 아래의 수학적식

$$J_e = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in s_i} \|x - m_i\|^2$$

을 따르며, 여기서  $s_i$ 는 사용자 집합의 개수이고  $m_i$ 는 사용자 집합 내의 신호 전력 평균값인 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

## 【청구항 6】

제1 항에 있어서,

상기 c)단계는,

상기 정렬된 사용자 번호가 각각 부여된 절점 및 가지로 이루어진 트렐리스 (trellis)를 구성하는 단계; 및

상기 구성된 트렐리스의 가지를 따라 출발하는 절점에서부터 도착한 절점까지의 사용자 번호가 적어도 한 개 이상 포함되어 있지 않는 사용자 그룹을 적어도 한 개 이상 형성하는 단계

를 포함하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

## 【청구항 7】

제6 항에 있어서,

상기 c)단계는,

상기 형성된 사용자 그룹을 이용한 최적의 경로 선택시, 상기 사용자 번호가 한 개도 포함되어 있지 않는 사용자 그룹을 제외하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법.

#### 【청구항 8】

다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치에 있어서,

외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 통신로 추정부;

상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하는 정렬부;

상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 그룹 계산/형성부; 및

상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 혼합형 간섭 제거부

를 포함하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

#### 【청구항 9】

제8 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 정렬된 사용자 번호가 각각 부여된 절점 및 가지로 이루어진 트렐리스 (trellis)를 구성한 후, 상기 구성된 트렐리스의 가지를 따라 출발하는 절점에서부터 도착한 절점까지의 사용자 번호가 적어도 한 개 이상 포함되어 있는 사용자 그룹을 적어도 한 개 이상 형성하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 10】**

제9 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 출발하는 절점에 부여된 사용자 번호에 1을 더한 사용자 번호에서부터 상기 도착한 절점에 부여된 사용자 번호까지 한 그룹으로 형성하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 11】**

제10 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 형성된 각 사용자 그룹의 평균 신호 전력을 계산하여 각 가지의 목적 함수를 정의하며, 특정 절점에 모인 가지들이 적어도 한 개 이상의 경로에서 부과된 모든 목적 함수의 합을 각 가지마다 계산하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 12】**

제11 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 계산된 목적 함수의 합이 가장 작은 가치를 최적의 경로로 선택한 후, 상기 선택된 최적 경로 내의 각 절점에 부여되어 있는 번호를 모아 사용자 그룹을 형성하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 13】**

제8 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 정렬된 사용자 번호가 각각 부여된 절점 및 가치로 이루어진 트렐리스 (trellis)를 구성한 후, 상기 구성된 트렐리스의 가치를 따라 출발하는 절점에서부터 도착한 절점까지의 사용자 번호가 적어도 한 개 이상 포함되어 있지 않는 사용자 그룹을 적어도 한 개 이상 형성하는 것을 포함하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 14】**

제13 항에 있어서,

상기 그룹 계산/형성부는,

상기 형성된 사용자 그룹을 이용한 최적의 경로 선택시, 상기 사용자 번호가 한 개도 포함되어 있지 않는 사용자 그룹을 제외하는 것을 특징으로 하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 장치.

**【청구항 15】**

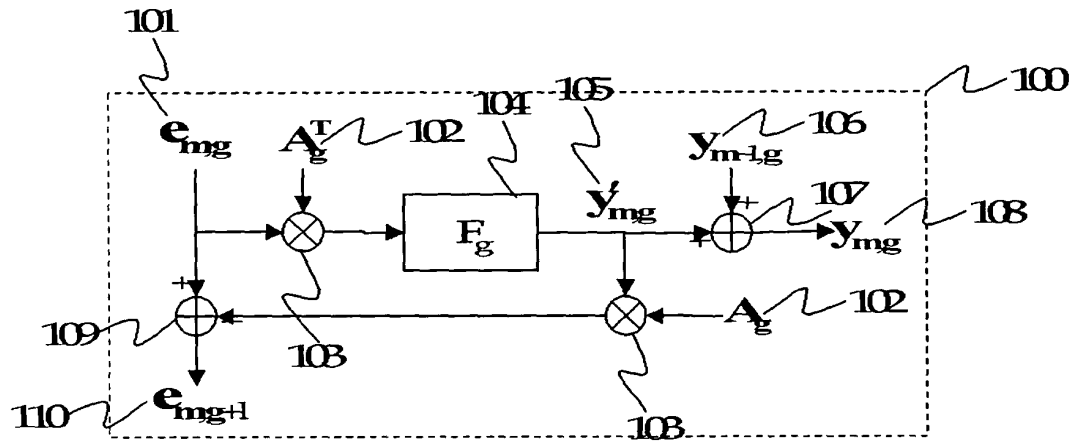
다수의 사용자 신호간의 간섭을 제거하는 혼합형 다중 사용자 간섭 제거 방법을 포함하는 기록매체에 있어서,



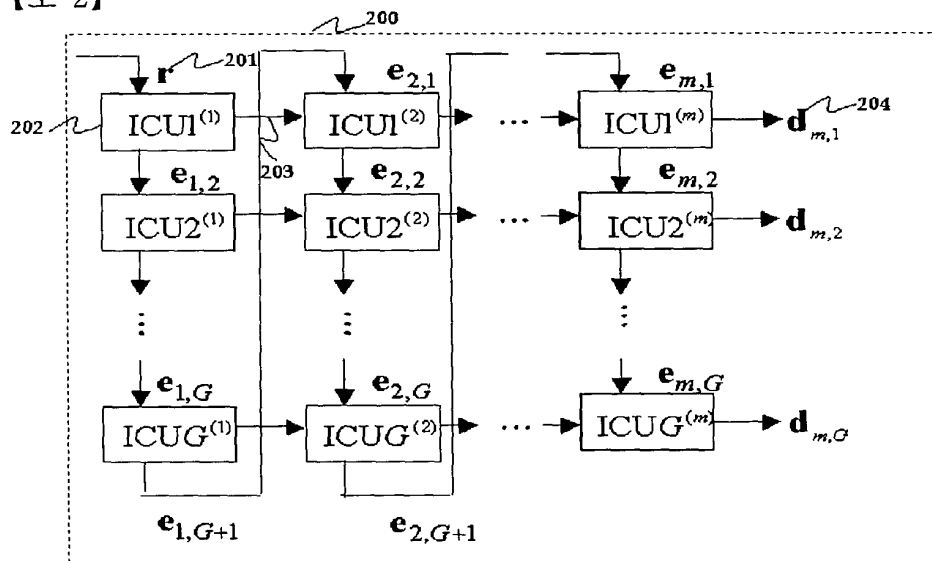
- a)외부로부터 다수의 사용자 신호가 수신되면, 상기 수신된 사용자 신호의 전력을 각각 계산한 후, 상기 계산된 신호 전력을 크기 순서대로 번호를 부여하는 기능;
- b) 상기 부여된 각 사용자 번호를 내림차순으로 정렬하는 기능;
- c)상기 정렬된 사용자 번호에 따른 각 신호 전력이 동일 그룹 내의 중심값 또는 평균값과의 차이가 적도록 적어도 한 개 이상의 사용자 그룹을 각각 형성하는 기능; 및
- d) 상기 형성된 동일 그룹 내의 각 사용자 신호는 병렬 간섭 제거를 수행하며, 상기 형성된 각 그룹들간에는 순차적 간섭 제거를 수행하는 기능을 포함하는 프로그램이 저장된 기록매체.

【도면】

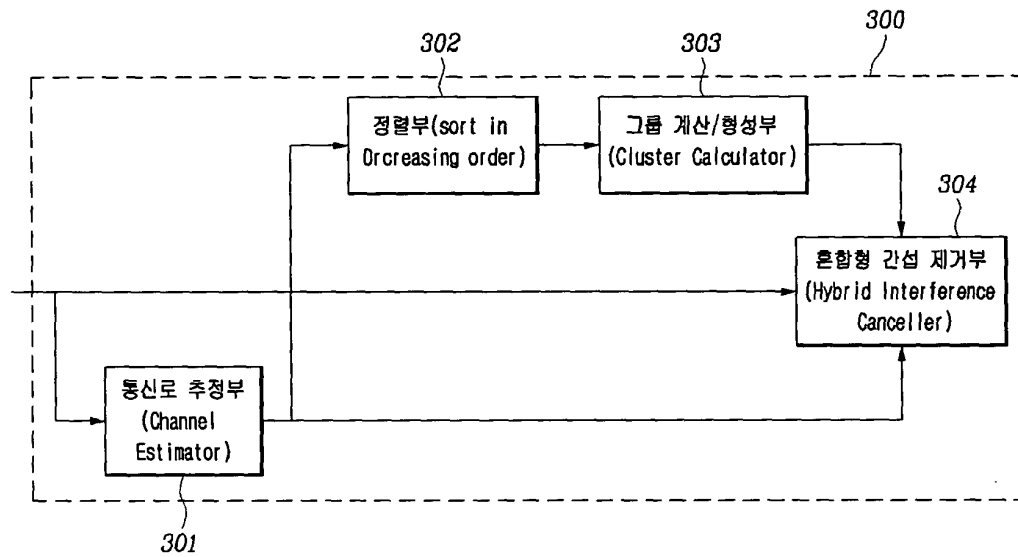
【도 1】



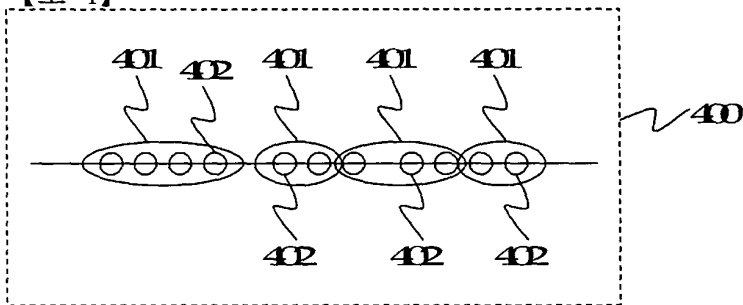
【도 2】



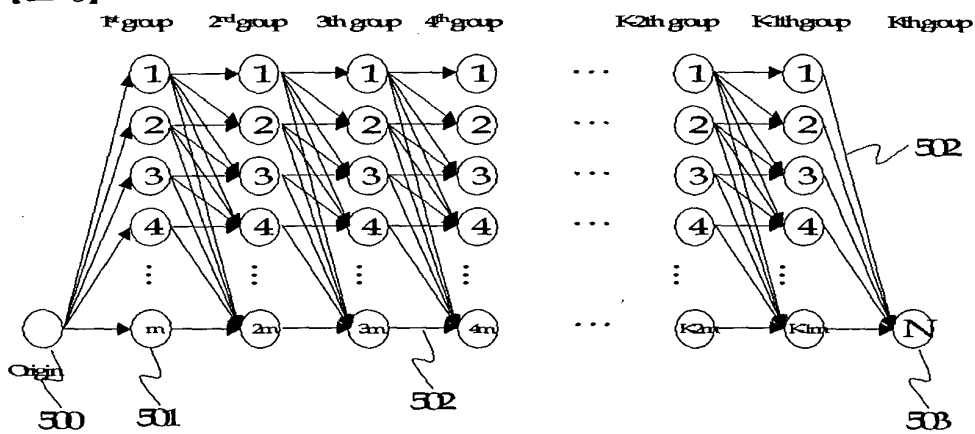
【도 3】



【도 4】



【도 5】



【도 6】

